

kehrssicherheit durchgeführt wurden und die zum Ausbau der heutigen Bundesstraße 49 im Lahntal geführt haben, gibt die folgende Aufzählung wieder (**Anlage A 3.1**):

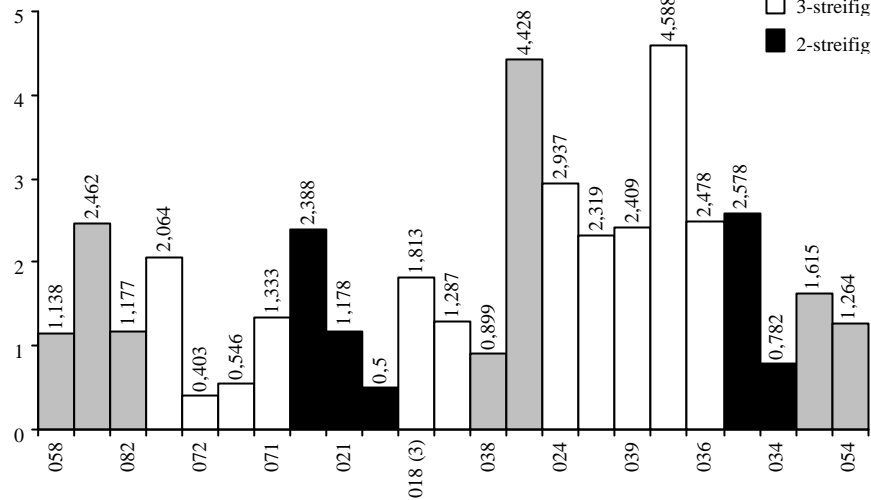
- 1956-1962 Ausbau der Bundesstraße 49 zwischen Limburg und Weilburg als sogenannte Lange Meile
- 1962-1966 4-streifiger Ausbau der Bundesstraße 429, heute B49, zwischen Gießen und Wetzlar im Zusammenhang mit dem Bau der Bundesautobahn 45 Dortmund - Gießen, der 1971 fertiggestellt wurde
- 1966 Bau der Umgehung Weilburg sowie des Teilstücks Wetzlar nach Oberbiel
- 1971-1973 Weiterführung der Bundesstraße 429, jetzt B49, durch das Lahntal von Oberbiel bis zum Anschluss an die Umgehung Weilburg bei Löhnberg
- 1973 auf dem Abschnitt zwischen Oberbiel und Löhnberg wird die Bundesstraße 49 dem Verkehr übergeben
- 1977 Sofortmaßnahme zur Reduktion der Unfälle auf dem Abschnitt zwischen Oberbiel und Löhnberg:
 - infolge nicht ausreichender Überholstrecke Anordnung eines Überholverbotes (Z. 276 StVO) und
 - Ummarkierung vom normalbreiten b2s auf einen überbreiten b2ü
- 1980 Installation der Radarboxen und Geschwindigkeitswarnanlage an der AS Oberbiel (Leuchtanzeige mit zwei Doppelinduktionsschleifen) zur Geschwindigkeitsüberwachung durch die Polizei
- 1987 Ummarkierung des b2ü zwischen Oberbiel und Löhnberg auf einen dreistreifigen Querschnitt der Betriebsform b2+1
- 1995-1996 Bauliche Mitteltrennung des b2+1-Querschnitts mit baulichen Leitelementen und Anordnung eines Lkw-Überholverbotes auf den Abschnitten Oberbiel - Niederbiel sowie Merenberg - Allendorf
- 10/96 und 11/97 Spursubtraktion und Errichtung von baulichen Mitteltrennungen an den Abschnitten Leun - Tiefenbach und Oberbiel - Löhnberg.

3.1.2 Verkehrsbelastung und -zusammensetzung

In der **Abbildung 3.2** sind für den Abschnitt der B49 zwischen Limburg/Nord (NK 058) und Niedergirmes (NK 054) die Abschnittslängen, der Durchschnittliche Tägliche Verkehr (DTV) und die Fahrleistung exemplarisch für das Jahr 1995 wiedergegeben. Zur Identifizierung der Streckenabschnitte wurde in dieser und in den nachfolgenden Abbildungen und Texten praktischerweise die Netzknoten-Kurzform des in Richtung der Kilometrierung zuerst angetroffenen Netzknotenpunktes gewählt (**Anlage A 3.3**).

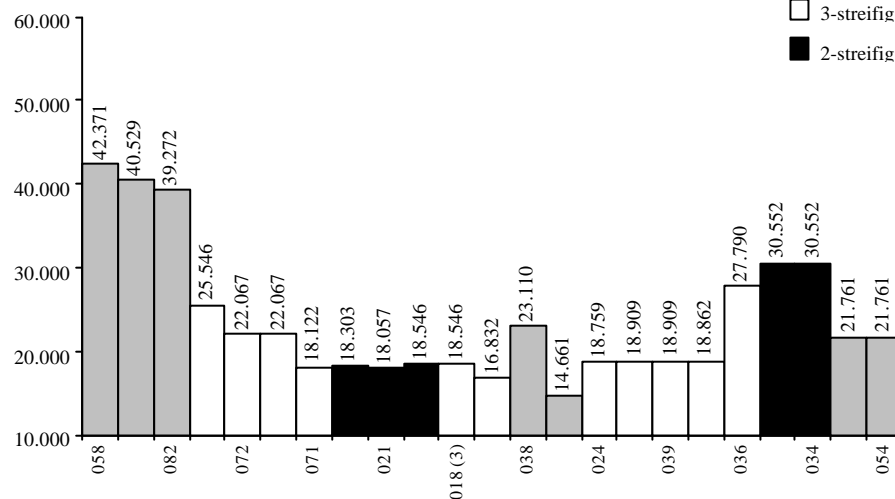
Richtung Limburg (W)

Längen [km]



Richtung Niedergirmes (O)

DTV 1995 [Kfz/24h]



Fahrleistung 1995 [1.000 Kfz km]

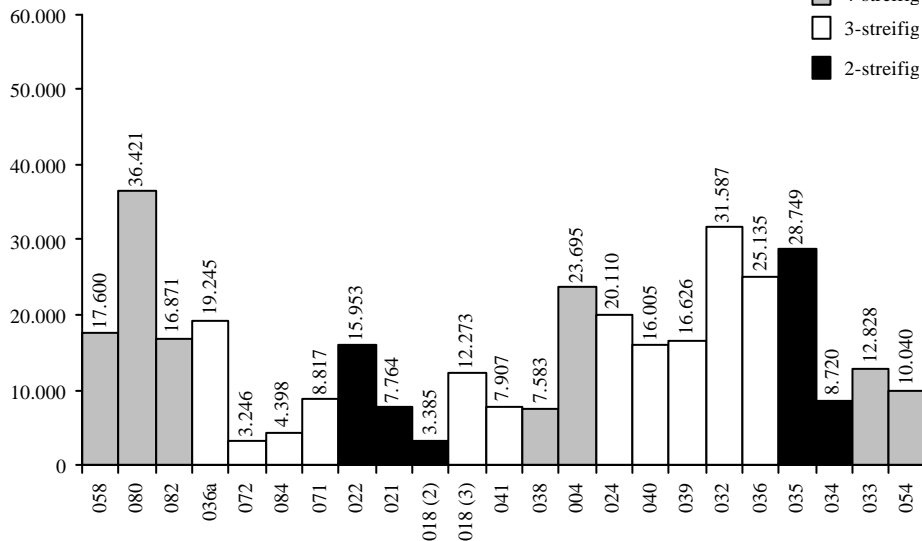


Abb. 32: Längen, Durchschnittlich Täglicher Verkehr (DTV) und Fahrleistung, B 49: Limburg (NK 058) - Niedergirmes (NK 054); Stand: 1995

Die Verkehrsstärke aller vierstreifigen Netzknotenabschnitte liegt innerhalb des Belastungsbandes eines RQ 26: ca. 18.000 Kfz/24 h bis ca. 63.000 Kfz/24 h (RAS-Q, FGSV 1996). Aufgrund ihrer benachbarten Lage zum Anschluss Limburg/Nord (NK 058) der Bundesautobahn 3 und ihrer Zubringerfunktion für das Umland sind die vierstreifigen Abschnitte zwischen Limburg und Ahlbach (NK 058 - NK 082) am stärksten belastet. Der DTV-Wert des vierstreifigen Abschnitts B 456/Weilburg - Löhnberg (NK 004) liegt um ein Drittel unter dem DTV-Wert der Abschnitte Wetzlar/Neustadt - Niedergirmes (NK 034 - NK 054) und sogar um zwei Drittel unter dem DTV-Wert der in westlicher Richtung an die A 3 anschließenden 4-streifigen Querschnitte (NK 058 - NK 082): Für diese geringe Verkehrsbelastung scheint der NK 004 im Verhältnis zur übrigen Strecke überdimensioniert.

Mit einem DTV_{1995} von über 30.000 Kfz/24 h liegt die reale Belastung der zweistreifigen Abschnitte Oberbiel - Wetzlar/Neustadt (NK 035) und Wetzlar/Neustadt - B 49/B 277a (NK 034), als Zubringer für die Stadt Wetzlar, weit über dem in den RAS-Q (FGSV 1996) angegebenen Richtwert für zweistreifige Querschnitte von 20.000 Kfz/24 h (RQ 10,5) (**Abbildung 3.2**): Ihre Belastung entspricht der eines vierstreifigen Querschnittes.

Der Netzknotenabschnitt Niederbiel - Oberbiel (NK 036) weist durch die Zubringerfunktion für die Stadt Wetzlar sowohl als dreistreifiger Querschnitt der Betriebsart b2+1 (RQ 15,5, RAS-Q, FGSV 1996)) als auch als zweistreifiger Querschnitt eine Verkehrsbelastung auf, die ebenfalls über den Richtwerten für 3-streifige Querschnitte (ca. 25.000 Kfz/24 h) und 2-streifige Querschnitte liegt (RAS-Q, FGSV 1996)).

Neben den oben genannten Netzknotenabschnitten gibt es Streckenabschnitte, die unter den Richtwerten der RAS-Q (FGSV 1996) liegen und damit als „gering belastet“ bezeichnet werden können.

Mit einem über die Streckenlänge gewichteten Mittel von 22.869 Kfz/24h lag die Verkehrsbelastung der Bundesstraße 49 zwischen den Anschlussstellen Limburg/Nord und Niedergirmes im Jahr 1995 um das 2,5-fache über dem Bundesdurchschnitt für außerörtliche Bundesstraßen des heutigen Bundesgebietes (9.135 Kfz/24h, ELSNER 1999).

Insgesamt lässt sich festhalten, dass die Verkehrsstärken von Wetzlar aus in westlicher Richtung bis Löhnberg abnehmen und von dort aus weiter bis zum Anschluss an die A 3 wieder zunehmen. Aus folgenden Gründen sind die Verkehrsbelastungen auf den Teilstücken Ahlbach - Merenberg und B 456/Weilburg - Solms/Niederbiel geringer:

- Anschluss der B 54 bei Ahlbach (NK 036a):
Verbindung von der A 3 (Limburg/Nord) zur A 45 (AS Haiger/Burbach) möglich, Kraftfahrzeuge fahren an dieser Anschlussstelle von der Bundesstraße 54 auf die Bundesstraße 49 in Richtung der Bundesautobahn 3 (Westen) auf
- Anschluss der L 3109 und B 456 östlich von Merenberg (NK 038 und NK 004):

Nord-Süd-Verbindung: B 456 von Weilburg kommend über den Abschnitt der B49 bis zum Anschluss der L 3109 südlich von Merenberg, die im Norden an die B54 mündet (südlich von Rennerod) (**Abbildung 3.1**)

- Anschluss der Landesstraße 3283 bei Niederbiel (NK 036):
Zubringerfunktion für die Stadt Wetzlar und das Umland von Wetzlar.

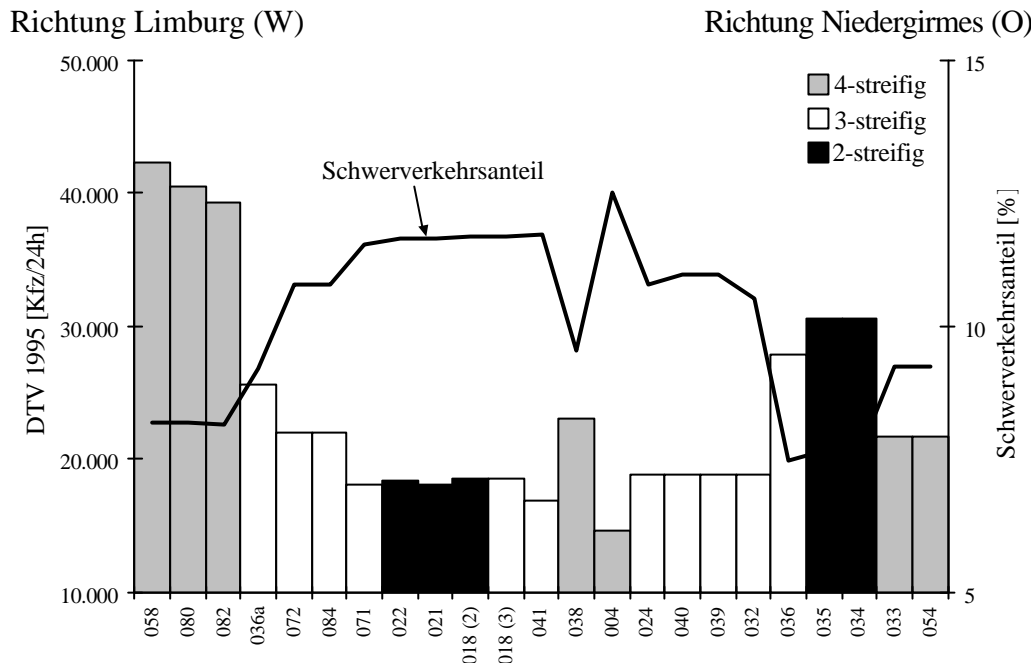


Abb. 3.3: Schwerverkehrsanteil [%] über dem DTV [Kfz/24h] für 1995; B49 zwischen Limburg/Nord (NK 058) und Niedergirmes (NK 054) (Verkehrszählung 1995, BAST 1997)

Der Anteil des Schwerverkehrs am Gesamtverkehrsaufkommen der B 49 zwischen Limburg und Niedergirmes wurde der Verkehrsmengenkarte von 1995 für das Bundesland Hessen entnommen (HLSV 1996) (**Abbildung 3.3**). Der Schwerverkehrsanteil variiert zwischen 7,5 und ca. 13,0 %: Der Zu- und Abfluss des Schwerverkehrs wird durch den Anschluss der Bundesstraßen 54 (NK 036a), der L3109 (NK 038), der B456 (NK 004) und der B277a (NK 033) an die Bundesstraße 49 geregelt (s.a. **Abbildung 3.1**).

Im Verhältnis zum Durchschnittlichen Täglichen Verkehr (DTV) haben hochbelastete Netzknotenabschnitte ein geringes Schwerverkehrsaufkommen (NK 058 - 082; NK 036 - 034): So beträgt z.B. der Anteil des Schwerverkehrs am Gesamtverkehrsaufkommen der Abschnitte Niederbiel - Wetzlar/Neustadt (NK 036 - NK 034) nur ca. 7,5 %. Zu den Zielen des Schwerverkehrs zählen in Wetzlar u. a. die Firmen Buderus und Carl Zeiss.

3.1.3 Trassierung

Die Untersuchung der Trassierung der B 49 im Lahntal berücksichtigt nur das 17 km lange Teilstück zwischen Löhnberg und Wetzlar, da für einen Richtlinienvergleich bei diesem Teilstück auf mehrere Untersuchungen der vergangenen Jahre zurückgegriffen werden kann, um

die Änderungen der Trassierung zu verdeutlichen. **Anlage A 3.2** zeigt das Krümmungsband des Teilstücks der Bundesstraße 49 zwischen Löhnberg und Wetzlar (Stationierung [km] in Richtung Wetzlar (Osten) aufsteigend). Angaben zur Straßenausstattung sowie zu den Knotenpunkten befinden sich in den **Anlagen A 3.3** bis **A 3.6**.

Der betrachtete Abschnitt wurde nach den RICHTLINIEN FÜR DIE ANLAGE VON LANDSTRASSEN, I. TEIL: QUERSCHNITTSGESTALTUNG (RAL-Q) (FGS 1956) und RICHTLINIEN FÜR DIE ANLAGE VON LANDSTRASSEN, II. TEIL: LINIENFÜHRUNG (RAL-L) (FGS 1963) geplant, entworfen und gebaut. Aufgrund örtlicher Zwänge musste der Mindestradius nach RAL-L (FGS 1963) von 600 m (Entwurfsgeschwindigkeit $V_e = 100$ km/h) an drei Stellen unterschritten werden; nach RAS-L (FGSV 1995b) unterschreitet bei gleicher Entwurfsgeschwindigkeit nur noch ein Radius den Mindestradius von 450 m (Biskirchen - Tiefenbach (NK 040)).

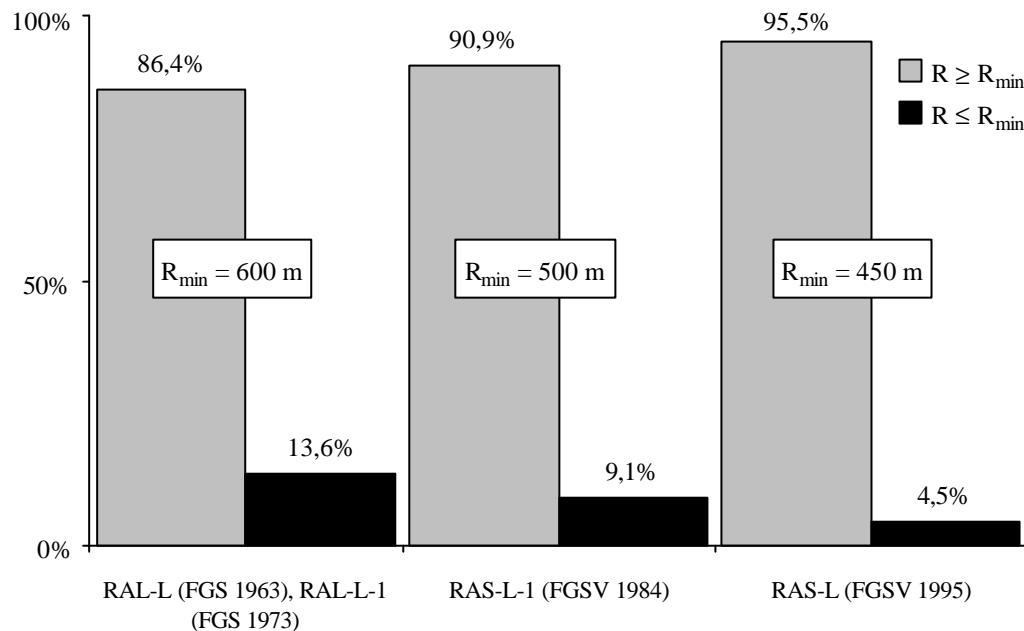


Abb. 34: Vergleich der Radienparameter nach den RAL-L (FGS 1963), RAL-L-1 (FGS 1973), RAS-L-1 (FGSV 1984) und RAS-L (FGSV 1995b); Teilstück der B 49 zwischen Löhnberg und Wetzlar (**Anlage A 3.2**)

Mit Einführung der RAL-L-1 (FGS 1973) werden durch die Relationstrassierung bessere Abstimmungen der einzelnen Trassierungsparameter gefordert, um dem Verkehrsteilnehmer über eine ausgewogene Trassierung eine sichere und komfortablere Fahrweise zu ermöglichen. Zur Zeit der Planung, des Entwurfs und dem Bau der Bundesstraße 49 waren diese Erkenntnisse *in ihrem Wert für die Verkehrssicherheit noch nicht bekannt* (DURTH / HÖRBER / MANNS / VIETH 1980).

Für die Abfolge Gerade-Klothoide-Kreisbogen haben sich in Abhängigkeit von der Geradenlänge L folgende Mindestkurvenradien in der Praxis gut bewährt (FGSV 1995b): Auf eine Gerade mit einer Länge von 300 m oder mehr sollte ein Radius mit einem Parameter von 400 m oder mehr folgen. Ist die Gerade dagegen kürzer als 300 m, dann sollte der Mindestparameter

des Kreisbogens größer als die Länge der Geraden sein: In beide Fahrtrichtungen können diese Bedingungen nach dem aktuellen Regelwerk erfüllt werden.

Eine weitere Erkenntnis der Relationstrassierung war, dass die aufeinanderfolgenden Kurvenradien in einem ausgewogenen Verhältnis zueinander stehen sollten, um bei Straßen der Kategoriengruppe A eine ausreichende Verkehrssicherheit zu erzielen. Die Überprüfung dieser Abstimmung erfolgt mit Hilfe der sogenannten Radientulpe nach Bild 4 der RAS-L (FGSV 1995b). Unabhängig vom Krümmungssinn erfüllen alle Radienfolgen diese Anforderung und liegen insgesamt im guten Bereich. Aus Untersuchungen ist bekannt, dass Fahrer ab einem Kreisbogenradius von 500 m ihre Geschwindigkeit frei wählen, deshalb ist die Radientulpe in den RAS-L (FGSV 1995b) ab diesem Parameter offen, d.h. jeder beliebig größere Radius kann an den v.g. Radius angeschlossen werden.

Nach RAS-L (FGSV 1995b) sind Korbbögen, gleichsinnig gekrümmte Kreisbögen unterschiedlicher Radien mit gemeinsamer Tangente im Stoßpunkt, *grundsätzlich zu vermeiden* bzw. es wird das Einfügen einer Klothoide erforderlich. Insgesamt folgen auf dem Teilstück zwischen Löhnberg und Wetzlar fünfmal gleichsinnig gekrümmte Kreisbögen unterschiedlicher Größe ohne eine Klothoide aufeinander (Tiefenbach - Leun (NK 039), Leun - Niederbiel (NK 032) und Niederbiel - Oberbiel (NK 036)).

Die Länge eines Kreisbogens ergibt sich aus der Forderung, *dass die Fahrt durch ihn mit der Entwurfsgeschwindigkeit V_e mehr als zwei Sekunden dauern soll* (FGSV 1995b). Nur ein Kreisbogen unterschreitet bei einer Entwurfsgeschwindigkeit V_e von 100 km/h die nach Tabelle 5, RAS-L (FGSV 1995b) geforderte Mindestlänge von 55 m (B 49/B 277a - Niedergirmes (NK 033)).

Für eine Entwurfsgeschwindigkeit V_e von 100 km/h liegen alle Klothoiden über einem Parameter A von 150 m. Damit eine Klothoide aus optischen Gründen für einen Fahrer in Erscheinung tritt, sollte ihr Mindestparameter mehr als ein Drittel des anschließenden Kreisbogenradius R betragen. Aus Sicherheitsgründen wird der Klothoidenhöchstparameter in den RAS-L (FGSV 1995b) gleich dem anschließenden Kreisbogen gesetzt. Nur an zwei Stellen sind die Klothoidenmindestparameter kleiner: In Richtung Wetzlar könnte im Bereich der AS Solms-Niederbiel bei den heutigen Verhältnissen ($V_{zul} = 80$ km/h) nach Tabelle 6, RAS-L (FGSV 1995b) bei einem Radius von 3.000 m auf eine Klothoide verzichtet werden (NK 036). Die Abfolge der Klothoidenparameter der Wendeklothoiden garantiert nach den Forderungen der RAS-L (FGSV 1995b) eine harmonische Linienführung.

Wenn es die örtlichen Gegebenheiten erfordern, kann eine Gerade zwischen zwei Klothoiden eingefügt werden. Um den Eindruck einer Wendeklothoide zu erhalten, sollte die Gerade eine Mindestlänge nicht unterschreiten (nach Gleichung 7, RAS-L (FGSV 1995b)). Bei fünf dieser Elementfolgen sind die zwischengeschalteten Geraden länger: Da aber die Bundesstraße 49 in diesem Abschnitt geringe Längsneigungen aufweist, ist davon auszugehen, dass *der Krümmungswert des Höhenplans in diesem Bereich kleiner als der Krümmungswert des Lageplans* nach RAS-L (FGSV 1995b) ist.

Bei einer konstanten Längsneigung sollte aus Gründen der Blendgefahr bei Nacht die Geradenlänge nach RAS-L (FGSV 1995b) maximal dem 20-fachen der Entwurfsgeschwindigkeit V_e entsprechen (maximal 556 m für $V_e = 100$ km/h): Vier von fünf Geraden auf diesem Teilstück erfüllen diese Bedingung nicht (Biskirchen - Tiefenbach (NK 039), Leun - Niederbiel (NK 032) und Oberbiel - Wetzlar/Neustadt (NK 035)).

DURTH / HÖRBER / MANNS / VIETH (1980) stellten in ihrer Streckenanalyse fest, dass auf 12,2 % der Strecke die Querneigung für eine V_{85} -Geschwindigkeit von 110 km/h nicht ausreichend war. Dieses Sicherheitsdefizit konnte aber in den darauffolgenden Jahren nachträglich baulich behoben werden, sodass heute ausreichende Querneigungen vorhanden sind; gleiches kann auch für die Anrampungsneigungen angenommen werden.

Die Grenzwerte der Trassierung sowie die Höchstlängsneigung s_{\max} werden im Höhenplan auf dem Abschnitt der B 49 zwischen Löhnberg und Wetzlar nicht überschritten; die Trassierung im Höhenplan erfüllt die Anforderungen der RAS-L (FGSV 1995b).

3.1.4 Zusammenfassung

Die Bundesstraße 49 kommt aufgrund ihrer Lage im Netz eine hohe verkehrliche Bedeutung für den regionalen und überregionalen Raum zu: Als Achse zwischen den Bundesautobahnen A 3 im Westen und A 45 im Osten weist sie Verkehrsbelastungen zwischen ca. 15.000 und 45.000 Kfz/24h sowie einen Schwerverkehrsanteil von bis zu 13 % auf.

Aufgrund ihres ausgesprochen guten Ausbaustandards und der großzügigen Trassierung zählt die B 49 zwischen Limburg und Gießen zu einer der bundesdeutschen Hochleistungsstraßen, die auf der freien Strecke zwischen den Anschlussstellen mit einer sehr hohen Geschwindigkeit befahren werden kann. Vor Abschluß der Untersuchung ist zu vermuten, dass die überdurchschnittlich hohe Unfallschwere der B 49 auf das teilweise überzogene Geschwindigkeitsniveau dieser Streckenabschnitte zurückgeführt werden kann: Die höchste Unfallkostenrate, Indikator für die Unfallschwere, konnte so z.B. für die Überholabschnitte des b2+1-Querschnitts ermittelt werden (siehe Kapitel 2.2.2).

3.2 Analyse des Verkehrsablaufs

3.2.1 Messanordnung und Messmethodik

Bei lokalen Querschnittsmessungen kamen in der vorliegenden Arbeit folgende Messverfahren zur Untersuchung des Geschwindigkeits- und Fahrverhaltens auf dreistreifigen Streckenabschnitten der B 49 mit bzw. ohne eine zusätzliche Straßenausstattung zur Anwendung:

- Messungen mit Induktivschleifen-Detektoren zur Ermittlung der Verkehrsstärke, Verkehrszusammensetzung und der Geschwindigkeiten, auch parallel zu polizeilichen Geschwindigkeitsüberwachungen, sowie

- Beobachtungen zum seitlichen Abstandsverhalten mit Hilfe von Videotechnik und Messpersonal.

Für die lokalen Querschnittsmessungen wurden fünf Messquerschnitte auf zwei Untersuchungs- und zwei Vergleichsstrecken eingerichtet (**Anlagen A 3.4a bis A 3.5b**):

Messquer-schnitt	Netzknotenabschnitt (von NK - nach NK)	NK-Kurzform	Stationierung in Fahr- richtung vom „von NK“	
1	Niederbiel - Oberbiel	NK 036	km 1+400	Untersuchungsstrecke
2			km 0+800	
3	Leun - Niederbiel	NK 032	km 3+100	Vergleichsstrecke
4	Tiefenbach - Leun	NK 039	km 1+300	Vergleichsstrecke
5	Allendorf - Merenberg	NK 041	km 1+100	Untersuchungsstrecke

Tab. 3.1: Lage der Messquerschnitte (**Anlage A 3.6**)

Bei vergleichenden Untersuchungen sollte i.a. darauf geachtet werden, dass die ausgewählten Untersuchungsstrecken ähnliche Charakteristiken aufweisen. Das heißt, dass sie sich hinsichtlich der Streckencharakteristik, dem Straßenumfeld sowie der Verkehrsbelastung und -zusammensetzung kaum unterscheiden. Es war in der vorliegenden Arbeit jedoch nicht immer möglich, allen angesprochenen Randbedingungen Rechnung zu tragen, sodass im einzelnen bei der Interpretation der Ergebnisse besonders der Einfluss der Verkehrsbelastung auf das Geschwindigkeitsverhalten berücksichtigt werden muss.

Messungen mit Induktivschleifen-Detektoren

An den o.g. Messquerschnitten wurde je Fahrstreifen als Aufnahmeeinheit eine Doppelinduktivschleife (zwei Einfachinduktivschleifen hintereinander) mit Detektor des Schleifentyps 1 nach den Anforderungen der TECHNISCHEN LIEFERBEDINGUNGEN FÜR STRECKENSTATIONEN (TLS) (BMV 1993) eingerichtet und an eine elektronische Verkehrsdatenerfassung angeschlossen (**Abbildung 3.5, Anlage A 3.6**).

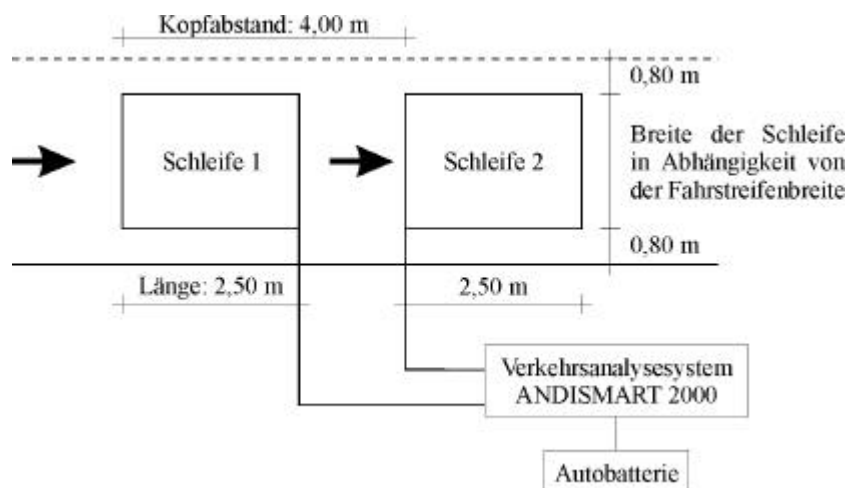


Abb. 3.5: Schematische Anordnung einer Doppelinduktivschleife in einem Fahrstreifen (Schleifentyp 1, TLS (BMV 1993))

Die Methode der Fahrzeugerfassung mit Hilfe von Induktivschleifen-Detektoren bietet im Gegensatz zu Geschwindigkeitsmessungen mit Radargeräten die Möglichkeit, auch bei dicht aufeinanderfolgenden Fahrzeugen jedes Einzelfahrzeug zu erfassen. Darüber hinaus ergibt sich der Vorteil, dass die Messungen für die Verkehrsteilnehmer kaum sichtbar und damit ohne nennenswerte Beeinflussung des Fahrverhaltens durchgeführt werden können. Weiterhin ist die gleichzeitige Datenerfassung von mehreren Fahrstreifen möglich. Die Zu- und Abnahme der Verkehrsstärken und deren tageszeitliche Schwankungen lassen sich ebenfalls ermitteln. Somit stellt die elektronische Verkehrsdatenerfassung eine wirtschaftliche Möglichkeit dar, das gesamte Fahrzeugkollektiv über einen längeren Zeitraum nach der Spurwahl im Querschnitt, der Zeit und der Geschwindigkeit der Längsbewegungen zu ermitteln und einer statistischen Auswertung zugänglich zu machen.

Für die Messungen wurden mehrere mobile Verkehrsanalyssysteme des Typs ANDIS-MART 2000 (**Abbildung 3.6**) mit Einzelfahrzeugerfassung eingesetzt. Dieser Gerätetyp arbeitet nach dem Prinzip der Fahrzeugmustererkennung. Dadurch ist neben der früher üblichen Unterscheidung der Fahrzeugarten in Personenkraftwagen (Pkw), Lastkraftwagen (Lkw) und Lastzug (LZ) zusätzlich eine Erkennung von *Pkw-ähnlichen* (z.B. Pkw ohne Anhänger, Kleinlieferwagen, Krafträdern etc.) oder *Lkw-ähnlichen* (Pkw mit Anhängern, Omnibusse, Lastzüge etc.) nach HINWEISE FÜR DEN KURZZEITIGEN EINSATZ VON STRASSENVERKEHRSZÄHLGERÄTEN (FGSV 1987) möglich. Diese Unterteilung würde eine noch stärkere Differenzierung der Untersuchung erlauben, dient in der vorliegenden Arbeit aber zur besseren Abgrenzung der Fahrzeugklassen Pkw und Lkw.

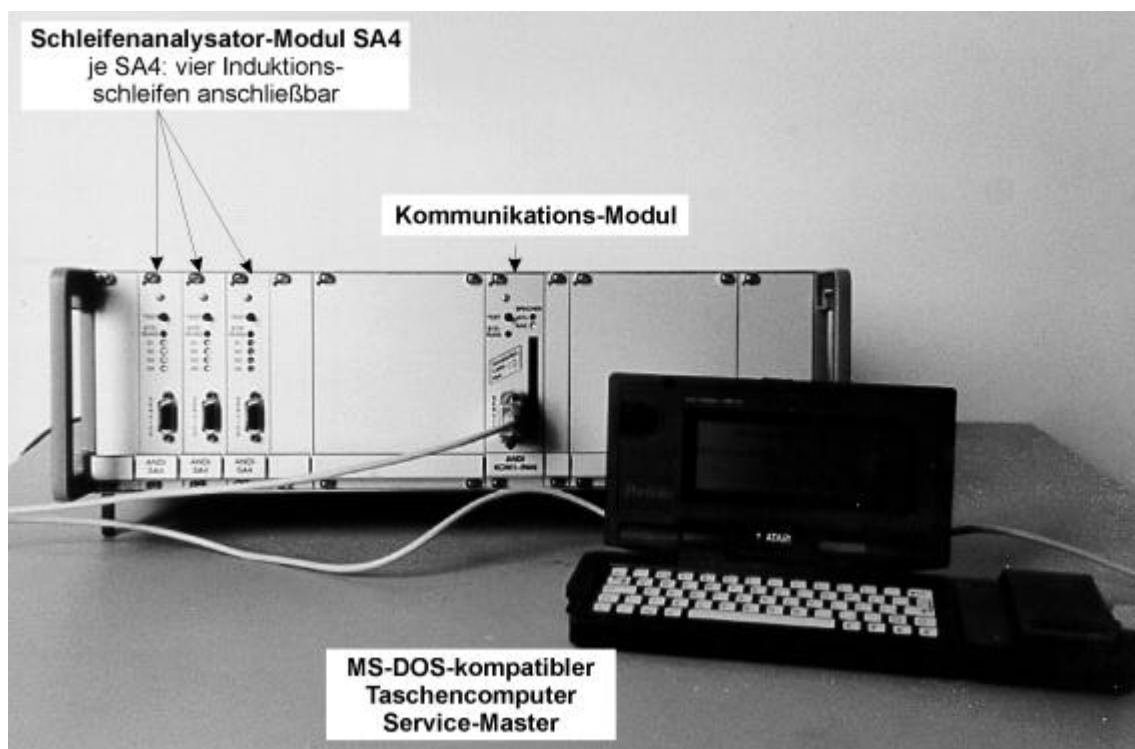


Abb. 3.6: Verkehrsanalyssystem ANDISMART 2000 zur Erfassung von Verkehrsdaten mit Induktivschleifen

Die Messungen wurden ausschließlich bei trockener Fahrbahn durchgeführt. Einen Überblick über das Messprogramm für die Induktivschleifen-Detektoren zeigt **Tabelle 3.2**.

	Niederbiel - Oberbiel NK 036 Untersuchungsstrecke	Leun - Niederbiel NK 032 Vergleichsstrecke	Tiefenbach - Leun NK 039 Vergleichsstrecke	Allendorf - Merenberg NK 041 Untersuchungsstrecke
	M1/M2	M3	M4	M5
vorher	31.07. bis 11.08.95			
unmittelbar danach	21.08. bis 25.08.95			
nachher	-			12.09. bis 14.09.95
2 Monate später	18.09. bis 13.10.95			-
7 Monate später	-			23.04. bis 25.04.96
8 Monate später	23.04. bis 25.04.96			-

Tab. 3.2: Induktivschleifen-Detektoren: Messprogramm für vergleichende Untersuchungen (**Anlagen A 3.4a bis A 3.6**)

Nach den EMPFEHLUNGEN FÜR VERKEHRSERHEBUNGEN (EVE) (FGSV 1991a) haben sich die Monate April, Mai, Juni, September und Oktober als geeignete Erhebungszeiträume bewährt. Messungen im Juli und August konnten in der vorliegenden Arbeit jedoch infolge der Anordnung der Maßnahmen während der Sommerferien in Hessen nicht vermieden werden; bei der weiteren Untersuchung wurde dies jedoch berücksichtigt.

Als Zähltage wurden in Anlehnung an die EVE (FGSV 1991a) die Werktage Dienstag bis Donnerstag gewählt. Die zeitliche Dauer der Messungen wurde so festgelegt, dass später eine Erhebung nach Belastungsspitzen, tageszeitlichem Verlauf der Verkehrsstärke und der Tagesbelastung möglich war. Die hohe Speicherkapazität der verwendeten elektronischen Speicherkarten machten werktags eine ununterbrochene Datenerhebung möglich.

Parallele Geschwindigkeitsmessungen der Polizei

Die Geschwindigkeitsmessungen der Polizei, die parallel zur eigenen Messung mit den Induktivschleifen-Detektoren stattfanden, wurden mit einem Radargerät (Multanova VR6F) und Demodulator (Leica XV2) durchgeführt.

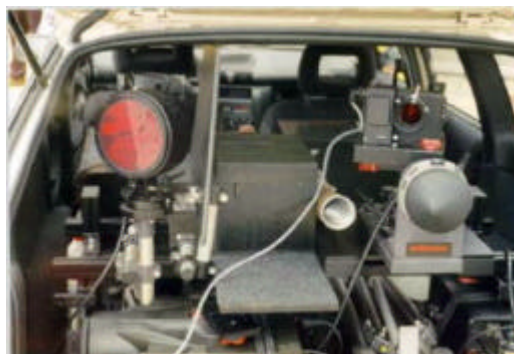


Abb. 3.7: Demodulator Leica XV2 und Radargerät Multanova VR6F

Infolge örtlicher und personeller Zwänge waren nur Parallelmessungen im Zuständigkeitsbereich der Polizeistation Wetzlar und zu bestimmten Zeiten möglich. Die polizeilichen Über

wachungen beschränken sich somit auf den Messquerschnitt 2 der Untersuchungsstrecke Niederbiel - Oberbiel (NK 036) und den Messquerschnitt 3 der in westlicher Richtung anschließenden Vergleichsstrecke Leun - Niederbiel (NK 032) (**Anlagen A 3.5a-b und A 3.6**). Örtliche Zwänge ließen am Messquerschnitt 2 nur polizeiliche Überwachungen in Richtung Wetzlar zu, am Messquerschnitt 3 dagegen zusätzlich auch in Richtung Weilburg. Eine Geschwindigkeitsmessung mit dem Radargerät wäre am Messquerschnitt 1 aufgrund seiner Lage im Kurvenbereich technisch nicht möglich gewesen (**Tabelle 3.3**).

Aus Gründen der Verkehrssicherheit erscheint es für die Messungen sinnvoll, das Messpersonal für den Kraftfahrer gut sichtbar neben der Fahrbahn zu postieren. Bei dieser Art der Erhebung ist es wahrscheinlich, dass die sichtbare Anwesenheit der Polizeibeamten den größeren Einfluss auf das Fahrverhalten der Kraftfahrer ausübt; auch dies gilt es zu berücksichtigen. Um den Einfluss der Sichtbarkeit zu untersuchen, müsste - unter gleichen Bedingungen - Messungen durchgeführt werden, bei denen der Verkehrsteilnehmer die Beamten und die Messgeräte nicht wahrnehmen kann. Diese Messmethodik konnte aufgrund des hohen Personal- und Kostenaufwandes allerdings nicht durchgeführt werden.

Messquerschnitt	von NK - nach NK	Datum		Uhrzeit
2	Niederbiel - Oberbiel NK 036 Untersuchungsstrecke	Dienstag	24.10.1995	14.30 - 18.30 Uhr
		Donnerstag	26.10.1995	12.00 - 14.00 Uhr
		Mittwoch	01.11.1995	05.00 - 09.00 Uhr
3	Leun - Niederbiel NK 032 Vergleichsstrecke	Mittwoch	25.10.1995	14.30 - 20.00 Uhr
		Donnerstag	26.10.1995	05.00 - 11.30 Uhr
		Dienstag	31.10.1995	12.00 - 14.00 Uhr

Tab. 3.3: Messprogramm der polizeilichen Überwachung

Zur vereinfachten Handhabung der Messdaten wurden die Zeiträume 5.00 bis 9.00 Uhr, 12.00 bis 14.00 Uhr und 14.00 bis 19.00 Uhr für beide Messquerschnitte gewählt.

Videoaufnahmen

Die Verkehrsbeobachtung mit Video ist eher ein Hilfsmittel zur Verkehrsdatenerfassung als eine Erhebungsmethode im eigentlichen Sinne. Der herausragende Vorteil der Videoerfassung besteht darin, dass der Verkehrsablauf an einem bestimmten Messquerschnitt oder aber auch innerhalb eines längeren Streckenabschnittes auf Videoband aufgenommen und dokumentiert werden kann.

Die Videotechnik hat gegenüber der personalintensiveren Verkehrsbeobachtung im Straßenraum eine Reihe von Vorteilen, die in der größeren Genauigkeit, in der Wiederholbarkeit der Auswertung der erfassten seitlichen Abstände, der Möglichkeit der Ergänzung der ermittelten Daten um Verkehrsdaten, wie Geschwindigkeit der Einzelfahrzeuge und der Verkehrsstärke, liegen. Nicht unterschätzt werden sollte aber der enorme Zeitaufwand für die üblicherweise manuelle Auswertung der Videoaufnahmen.

Die Erfassung der Querregelung als seitliches Abstandsverhalten erfolgte an den Messquerschnitten 1 (Niederbiel - Oberbiel, NK 036) und 5 (Allendorf - Merenberg, NK 041) parallel zu den Videoaufnahmen auch durch Messpersonal: Die Beobachtungen waren hier ohne größeren Aufwand von einem Überführungsbauwerk möglich. Trotz des erhöhten Standortes konnte nicht ausgeschlossen werden, dass die Messeinrichtung und das -personal von vorbeifahrenden Fahrzeugen wahrgenommen wurden. Der Einfluss der Sichtbarkeit auf die Ermittlung des seitlichen Abstandsverhaltens erscheint hier aber vernachlässigbar gering.



Abb. 3.8: Erfassung des seitlichen Abstandsverhaltens auf der B 49

Mit einer Schablone wurden parallele, fahrstreifenbezogene Markierungen in unmittelbarer Nähe der Induktivschleifen-Detektoren auf die Fahrbahn aufgebracht. Der Abstand zwischen den Markierungen mit einer Breite von 5 cm betrug 20 cm (**Abbildung 3.8**).

	Messquerschnitt 1 Untersuchungsstrecke Niederbiel - Oberbiel (NK 036)		Messquerschnitt 5 Untersuchungsstrecke Allendorf - Merenberg (NK 041)	
	Datum	Uhrzeit	Datum	Uhrzeit
vorher	25.07.1995	15.15 - 23.15 Uhr	01.08.1995	15.00 - 00.00 Uhr
	10.08.1995	19.25 - 23.15 Uhr	08.08.1995	22.00 - 01.00 Uhr
nachher	05.09.1995	12.15 - 00.35 Uhr	19.09.1995	06.30 - 20.30 Uhr
			25.10.1995	19.00 - 22.00 Uhr

Tab. 3.4: Messprogramm zur Erfassung des seitlichen Abstandsverhaltens (Verkehrsbeobachtungen per Video und Messpersonal)

Synchron zu der Videoerfassung wurde das seitliche Abstandsverhalten durch Messpersonal auf der Brücke anhand eines Formblattes protokolliert (**Anlage A3.7**). Zur Sicherung gleicher Zählzeiten (Zeit und Dauer) wurden die Uhren des Messpersonals mit der eingebauten Uhr der Videokamera verglichen; dies erfolgte auch bei jedem Wechsel der VHS-Videobänder.

Auf diese Weise konnte ermittelt werden, in welchem Abstand sich die linke vordere Fahrzeugkante, die hier als Bezugslinie gewählt wurde, zur Mitteltrennung (vorher: Doppellinie, nachher: hinzugefügte Leitschwelle) bewegte.

Die Erhebungen zum seitlichen Abstandsverhalten fanden ebenfalls bei trockener Fahrbahn und guten Sichtverhältnissen statt (**Tabelle 3.4**). Die Aufnahmezeiträume wurden so gewählt, dass Daten aus verkehrsschwachen und verkehrsstarken Zeiten sowie bei Dunkelheit erhoben werden konnten. Die Beobachtungen bei Dunkelheit wurden ausschließlich durch die Videokamera aufgezeichnet und anschließend am Bildschirm ausgewertet. Durch die guten Reflexionseigenschaften und den bekannten Abständen der aufgetragenen Markierung war dies nachträglich ohne weiteres möglich, sodass Erhebungsdaten von mehr als 50 Stunden vorlagen und ausgewertet werden konnten.

3.2.2 Aufbereitung und Auswertung der Messdaten

Induktivschleifen-Detektoren

Die Daten der Schleifenmessungen lagen in digitalisierter Form auf elektronischen Speicherkarten (Memorycards) vor. Diese Rohdaten wurden durch ein Auswertegerät in die eigene EDV-Anlage zur weiteren Bearbeitung eingelesen. Eine spezielle Software wandelte die Rohdaten in ein lesbares Format um und wies die relevanten Erhebungsdaten (Geschwindigkeit, Fahrzeugerkennung und -identifikation) den jeweiligen Fahrstreifen zu. Während dieser Vorgänge wurden die Daten auf Vollständigkeit und Plausibilität überprüft (**s.a. Kapitel 3.4.2**).

In der einschlägigen Literatur finden sich unterschiedliche Angaben für die Festlegung eines geeigneten Messintervalls: So empfehlen die HINWEISE FÜR DEN KURZZEITIGEN EINSATZ VON STRASSENVERKEHRSZÄHLGERÄTEN (FGSV 1987) zur Beschreibung des Verkehrsablaufs 5 bis 15 Minuten lange Messintervalle, aus denen im Anschluss maximale gleitende Stundenwerte berechnet werden können. Allgemein gilt, *dass das Messintervall so groß sein muss, dass bekannte Effekte innerhalb des Verkehrsablaufs, die zu Fehlinterpretationen führen könnten, berücksichtigt sind* (ROOS 1989). Damit hat die Größe des Messintervalls einen entscheidenden Einfluss auf die Auslegung der Ergebnisse: Bei großen Messintervallen gleichen sich die Schwankungen in der Verteilung der Messwerte aus. Des weiteren ist es möglich, dass wesentliche Informationen innerhalb eines großen Messintervalls verloren gehen können: So ist bei der Wahl eines Stundenintervalls das Auftreten von kurzzeitigen Verkehrsspitzen möglich, die z.T. zu einem instabilen Verkehrsfluss führen können. Wird das Messintervall kleiner gewählt, kann dieser *Informationsverlust* weitestgehend ausgeschlossen werden. Ist das Intervall aber zu klein, dann kann schon *bereits das abweichende Verhalten eines einzigen Fahrzeugs die zu ermittelnde Verkehrsgröße sehr stark beeinflussen* (ROOS 1989). Im Zusammenhang mit den in der vorliegenden Untersuchung zu treffenden Einteilungen nach verkehrsstarken und verkehrsschwachen Zeiten sowie Verkehr bei Dunkelheit erscheint es sinnvoll, Intervalle von fünf Minuten Länge zu wählen.

Innerhalb dieser 5-Minuten-Intervalle wurden in einem ersten Schritt in Anlehnung an die EVE (FSGV 1991a) die Messungen an drei aufeinanderfolgenden Zähltagen (Werktag: Dienstag, Mittwoch und Donnerstag) jeweils von 00:00 bis 24:00 Uhr zusammengefasst und über der Zeit aufgetragen, um die drei Untersuchungszeiträume starker Verkehr, schwacher Verkehr und Verkehr bei Dunkelheit zu bestimmen. Die so ermittelten Messzeiträume entsprachen den in den EVE (FSGV 1991a) vorgegebenen Intervallen:

- morgendliche Berufsspitze: 06.00 - 10.00 Uhr,
- nachmittägliche Berufsspitze: 15.00 - 19.00 Uhr,
- Verkehrsbelastung außerhalb der Spitzenbelastung: 12.00 - 14.00 Uhr und
- Verkehrsbelastung bei Dunkelheit: 22.00 - 01.00 Uhr.

Die Messintervalle wurden danach für verkehrsstarke Zeiten auf vier Stunden, in verkehrsschwachen Zeiten sowie bei Dunkelheit auf drei Stunden festgelegt.

Wie in Kapitel 3.1.2 bereits erwähnt wurde, unterscheiden sich die Untersuchungsstrecken hinsichtlich ihrer Belastung (DTV). Deshalb wird an dieser Stelle darauf hingewiesen, dass die Absolutzahlen der Verkehrsmenge bei Wahl der o.g. Messintervalle nicht direkt miteinander vergleichbar sind: So kann der schwächer belastete Netzknotenabschnitt Allendorf - Merenberg (NK 041) bei starkem Verkehr höher belastet sein als der hochbelastete Abschnitt Niederbiehl - Oberbiehl (NK 036) bei schwachem Verkehr. Dieser Einfluss wird bei den vergleichenden Untersuchungen aber berücksichtigt.

In einem zweiten Schritt wurden die Verkehrsstärken und charakteristischen Geschwindigkeiten (V_{15} , V_{50} , V_{85}) für die verschiedenen Fahrzeugklassen als Tagesganglinie in 1-Stunden-Intervallen dargestellt. Dabei wurden die Fahrzeugklassen Pkw und Lkw unterschieden. In der Klasse der Pkw wurden nur Personenkraftwagen zusammengefasst; zur Klasse Lkw gehörten neben den Lastkraftwagen auch Lastzüge, Busse und Pkw mit Anhänger. Anstelle von 15-Minuten-Intervallen wurden Stundenintervalle gewählt, da die Verkehrsstärke auf der Bundesstraße 49 in einigen 15-Minuten-Intervallen zu gering war, um statistisch abgesicherte Aussagen treffen zu können.

Parallel zum Geschwindigkeitsverhalten wurde auch das Pulkverhalten untersucht: Es konnten aber weder positive noch negative Auswirkungen der baulichen Leitelemente als zusätzliche Mitteltrennung auf den Verkehrsablauf anhand des gewählten Pulkkriteriums ermittelt werden (Bruttozeitlücke von 2,0 s, maximale Annäherungsgeschwindigkeit von 8 km/h, Geschwindigkeit beim Entfernen vom Pulk von -5 km/h, inklusive des Pulkführer mindestens drei Fahrzeuge im Pulk). Die Verkehrsstärke beeinflusst den Verkehrsablauf: Je geringer die Belastung, desto mehr Fahrzeuge fahren unbehindert.

In einem dritten Schritt wurden die Geschwindigkeiten als Summenhäufigkeitslinien dargestellt. Dabei wurde der Fahrbahnzustand, die Verkehrsbelastung zu den Untersuchungszeiträumen starker Verkehr, schwacher Verkehr und Verkehr bei Dunkelheit, die Fahrzeugklassen und die unterschiedlichen Fahrstreifen je Fahrtrichtung berücksichtigt.

Die getroffene Einteilung nach verkehrsstarken und verkehrsschwachen Zeiten sowie Verkehr bei Dunkelheit ist bei allen hier durchgeführten vergleichenden Untersuchungen (Vorher-Nachher- bzw. Mit-Ohne-Vergleich), mit Ausnahme von Messungen bei paralleler Geschwindigkeitsüberwachung durch die Polizei, beibehalten worden (**siehe Tabelle 3.3**). Die Vorher-Messungen wurden an drei Messquerschnitten und die Nachher-Messungen an zusätzlich zwei weiteren Messquerschnitten durchgeführt (**siehe Tabelle 3.1**). Die Nachher-Messungen bezogen sich auf die drei Zeiträume unmittelbar nach Errichtung der baulichen Leitelemente sowie zwei Monate und sieben bzw. acht Monate danach. Weitere Untersuchungen erfassten die lokalen Geschwindigkeiten im Nachher-Zeitraum, die in den in Rundfunk und Presse angekündigten Zeiträumen tatsächlicher Geschwindigkeitsüberwachungen der Polizei gefahren wurden.

Soll der Einfluss der Leitschwellen und -baken auf das Geschwindigkeitsverhalten im Hinblick auf einen Vorher-Nachher-Vergleich allein untersucht werden, so darf die Wahl der Geschwindigkeit der Verkehrsteilnehmer nicht durch Geschwindigkeitsbeschränkungen oder Überholverbote beeinflusst werden. Im Rahmen des Forschungsauftrages blieben innerhalb der Messzeiträume diese beiden Komponenten nicht konstant, da aus Gründen der Verkehrssicherheit ein Lkw-Überholverbot angeordnet und die für diese Strecke zulässige Höchstgeschwindigkeit von 100 km/h auf dem Teilabschnitt Oberbiel-Niederbiel noch besser sichtbar ausgewiesen wurde. Damit muss auch bei der Untersuchung des Geschwindigkeitsverhaltens der mögliche Einfluss dieser verkehrsregelnden Maßnahmen berücksichtigt werden.

Aus den Daten der Schleifenmessungen während der polizeilichen Geschwindigkeitsüberwachung (unmittelbar nach dem Einbau der Leitelemente) wurden Summenhäufigkeitslinien erstellt, aus denen die charakteristischen Geschwindigkeiten (V_{15} , V_{50} , V_{85}) für Pkw und den Schwerverkehr ermittelt werden konnten. Diese wurden mit Messungen ohne Polizeianwesenheit unmittelbar nach Installation der Leitschwellen und -baken verglichen.

Videoaufnahmen

Durch Auswertung der Videoaufzeichnungen und der Messprotokolle wurde der seitliche Abstand der linken vorderen Fahrzeugkante zur Mitteltrennung (vorher: Doppellinie bzw. nachher: Leitschwelle) je Fahrstreifen und Richtung sowie in den Untersuchungszeiträumen starker Verkehr, schwacher Verkehr und Verkehr bei Dunkelheit ermittelt. Die Aufbereitung der erhobenen Messdaten und die Auswertung nach dem „15 %“- „50 %“- oder „85 %“-Abstand erfolgt mittels Summenlinien, die unter dem in **Abbildung 3.8** gezeigten Messquerschnitt dargestellt werden. Bei den ermittelten Abständen handelt es sich um Unterschreitungswahrscheinlichkeiten: 15 %, 50 % bzw. 85 % der Fahrer unterschreiten einen bestimmten Abstandswert (cm), d.h. sie fahren näher an der Bezugslinie. Im Umkehrschluss halten 85 %, 50 % bzw. 15 % der Fahrer einen größeren Abstand ein.

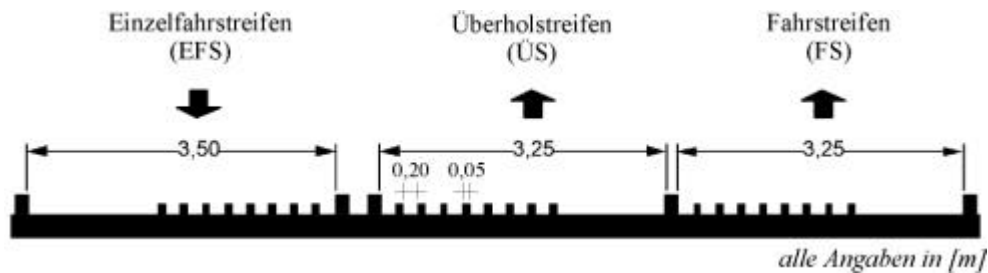


Abb. 39: Schematische Darstellung eines Messquerschnitts zur Erfassung des seitlichen Abstandsverhaltens

3.3 Analyse der Verkehrssicherheit

3.3.1 Allgemeines

Die Verkehrssicherheit ist eines der wichtigsten Kriterien bei der Beurteilung von Straßen im allgemeinen und in der vorliegenden Untersuchung zur Einschätzung des Sicherheitsgewinns durch zusätzliche Straßenausstattungen im Speziellen.

Entsprechend der Vorgehensweise bei der Analyse des Verkehrsablaufes sind bei der Analyse der Verkehrssicherheit folgende Arbeitsschritte erforderlich: Erhebung, Aufbereitung, Auswertung und Interpretation der Daten sowie die Bewertung der Ergebnisse. Datenerhebung und -auswertung beinhalten im wesentlichen die Einsicht in die polizeilichen Verkehrsunfallanzeigen (VUA), die Überprüfung (und ggf. Korrektur bzw. Vervollständigung) der Angaben sowie die Übertragung der Daten in ein geeignetes Datenbanksystem. Zur Beurteilung der Verkehrssicherheit werden absolute und relative Unfallkenngrößen ermittelt (**Kapitel A 1.3.1 und A 1.3.2, Anhang 2**).

Die Auswertung der Unfalldaten erfolgt in einem ersten Schritt für das Teilstück der Bundesstraße 49 zwischen Limburg und Wetzlar, um die Ergebnisse mit statistischen Angaben, z.B. mit Unfallraten für Hessen oder pauschalen Unfallkostensätzen des Bundesgebietes, vergleichen und die Verkehrssicherheit der B 49 einordnen zu können. In einem weiteren Schritt wird das Unfallgeschehen aller b2+1-Abschnitte in einem Vorher-Nachher-Vergleich analysiert: Im Mittelpunkt stehen dabei jene Abschnitte, die auch der Untersuchung zum Geschwindigkeits- und Fahrverhalten zugrundeliegen (**Kapitel 4**). Abschließend wird im Rahmen weiterer Untersuchungen (**Kapitel 7**) das Unfallgeschehen zweistreifiger Abschnitte mit einer zusätzlichen Straßenausstattung sowie auf zwei Fahrstreifen reduzierte b2+1-Abschnitte in Verbindung mit baulichen und betrieblichen Maßnahmen betrachtet (**Kapitel 1.3**).

Wird das Unfallgeschehen unter ganz bestimmten Voraussetzungen untersucht, wird die Allgemeingültigkeit der Ergebnisse i.d.R. dadurch eingeschränkt, dass nur wenige Unfalldaten zur Verfügung stehen und die Voraussetzungen zur Durchführung statistischer Tests häufig nicht gegeben sind: So wird in der vorliegenden Untersuchung weitestgehend auf statistische Methoden verzichtet. Es können daher nur „Auffälligkeiten“ identifiziert und Tendenzen aufgezeigt werden, und eine abschließende Bewertung der Sicherheit ist nur unter Vorbehalt möglich.

3.3.2 Untersuchungsmethodik

Unfalldatenerfassung

Die auf dem ersten Blatt der polizeilichen Verkehrsunfallanzeigen erfassten Daten

- Datum, Uhrzeit,
- Unfallfolgen: Verunglückte (Tote, Schwer- und Leichtverletzte) und Sachschaden,
- Unfallkategorie (Tabelle A 1, Anhang 2),
- Unfalltyp (Tabelle A 2, Anhang 2),
- Lichtverhältnisse: Tageslicht, Dämmerung, Dunkelheit,
- Straßenzustand: trocken, nass, winterglatt,
- Station, Fahrtrichtung sowie
- Art der Unfallbeteiligten: Pkw/Schwerverkehr

wurden unter Wahrung des Datenschutzes und nach Überprüfung der Plausibilität der Angaben in ein definiertes Datenbankformat eingegeben (**Anlagen A 3.8 bis A 3.10**).

Aufgenommen wurden alle Unfälle mit Sachschaden, auf eine Differenzierung dieser Unfälle wurde nach **Abschnitt A 1.1, Anhang 2** verzichtet.

Ist in der Verkehrsunfallanzeige (VUA) der Polizei kein Unfalltyp eingetragen oder bestehen Zweifel an der Richtigkeit der Angabe, dann wird der Unfalltyp anhand der polizeilichen Unfallskizze bestimmt.

Aufbereitung der Unfalldaten

Die fahrleistungsbezogenen Kenngrößen Unfallrate UR und Unfallkostenrate UKR beschreiben die Verkehrssicherheit der freien Strecke (**siehe Tabelle A 11, Anhang 2**). Bei der Betrachtung des Unfallgeschehens an Kreuzungen und Einmündungen sind aber nicht die absoluten Fahrzeugströme von Bedeutung, sondern die Anzahl, die Zusammensetzung und die Gewichtung der kreuzenden, ein- und abbiegenden Ströme. Diese Informationen lagen aber für diese Untersuchung nicht vor, und deshalb konnten bei der Berechnung der Unfallkennwerte keine Aus- und Einfahrtenfälle (Unfalltyp 2 und 3) berücksichtigt werden. Die Unfallanalyse bezieht sich damit auf die Betrachtung des Unfallgeschehens der freien Strecke zwischen den Netzknotenpunkten.

Das Unfallgeschehen wird u.a. durch die Jahreszeiten - saisonale Einflüsse auf die Licht- und Sichtverhältnisse, die Witterung, den Fahrbahnzustand - beeinflusst, sodass in dieser Untersuchung Zeiträume gewählt werden, die in ihrer saisonalen Verteilung homogen sind. Dadurch werden bei der Analyse des Unfallgeschehens einige Unfälle nicht berücksichtigt. Die Unfallanzahl wird weiter durch die Monate reduziert, in denen die Maßnahmen zur Verbesserung der Sicherheit durchgeführt wurden, um den Einfluss der Arbeiten selbst und den der Gewöhnung an den neuen Zustand möglichst gering zu halten (Zeitraum 6, 8 und 10, **Tabelle 3.5**).

Zeitraum	Datum	Anmerkung
1	3/90 - 3/91	
2	4/91 - 4/92	
3	5/92 - 5/93	
4	6/93 - 6/94	
5	7/94 - 7/95	
6	8/95	Errichtung baulicher Leitelemente (NK 041, NK 036, Abbildung 3.7)
7	9/95 - 9/96	
8	10/96	Abbau der baulichen Leitelemente (NK 041, NK 036) Errichtung von Stahlschutzwänden (NK 022, NK 018, NK 035, NK 039: Änderung von einem b2+1- zu einem 2-streifigen Abschnitt, Beschränkung der zulässigen Höchstgeschwindigkeit auf 80 km/h)
9	11/96 - 10/97	kein volles Jahr wegen der folgenden Maßnahme
10	11/97	Errichtung von Stahlschutzwänden (NK 036) mit Reduktion der Fahr- streifenanzahl von drei auf zwei und zulässige Höchstgeschwindigkeit von 100 auf 80 km/h (Abbildung 3.10)
11	12/97 - 12/98	

Tab. 3.5: Untersuchungsprogramm der Verkehrssicherheitsanalyse

Auswertung der Unfalldaten

Die Auswertung der Unfalldaten sowie die Ermittlung der Unfallkennwerte - Unfallrate, Unfallkostenrate und Unfallkostensätze - erfolgt nach **Anhang 2**. Für die Berechnung der Unfallkenngrößen wurden die DTV-Werte der Jahre 1990 und 1995 aus den Verkehrsmengenkarten entnommen, für die Jahre 1996 bis 1998 wurden die DTV-Wert linear interpoliert (1995 - 1998: DTV-Zunahme von insgesamt 2,5 %).

Bei der Wahl einer geeigneten statistischen Methode ist darauf zu achten, dass die Fahrtrichtungen der beiden betroffenen dreistreifigen Netzknotenabschnitte nur ein Jahr lang durch bauliche Leitelemente voneinander getrennt waren; sie wurden anschließend wieder entfernt.

3.4 Genauigkeit der Messungen und Beobachtungen

3.4.1 Allgemeines

Es liegt im Wesen einer jeden Messung, dass sie fehlerbehaftet ist. Zu den Fehlerquellen zählen Beobachterfehler, Instrumentenfehler und situationsbedingte Fehler. Um Aussagen über die Zuverlässigkeit treffen zu können, sind Abschätzungen der Genauigkeit der Messergebnisse notwendig. In der Statistik werden drei Arten von Fehlern unterschieden: Grobe Fehler (z.B. Fehler im Aufbau der Messeinrichtung), systematische Fehler (konstante, regelmäßige Fehler) und statistische Fehler (zufällige, unkontrollierbare Fehler).

Grobe Fehler können durch genügend Aufmerksamkeit und sorgfältige Kontrollen vermieden werden. Systematische Fehler, wie z.B. eine unzureichende Eichung des Messinstrumentes oder eine ungünstige Beobachtungsanordnung, können ermittelt und durch Korrekturfaktoren in der Berechnung beseitigt werden. Zufällige Fehler treten bei jeder Messung oder Beobachtung auf, und ihr Einfluss auf die Aussage der Messergebnisse kann anhand von statistischen Verfahren abgeschätzt werden.

3.4.2 Mögliche Fehler bei der Erhebung mit Induktivschleifen-Detektoren

Ungenauigkeiten beim Verlegen von Induktivschleifen führen zu einer falschen Berechnung der Geschwindigkeit und Fehlidentifikation von Fahrzeugen: Die Länge einer Schleife sowie ihr Abstand zu einer benachbarten Schleife sind hierfür maßgebend. Um z.B. Doppelerfassungen zu vermeiden, ergibt sich die optimale Schleifenbreite in Abhängigkeit von der Breite des Fahrstreifens und einem seitlichen Mindestabstand von 1,60 m zur benachbarten Induktivschleife bzw. 80 cm zum Fahrstreifenrand (TLS, BMV 1993, **Abbildung 3.5**). Die geometrischen Abmessungen der Induktivschleifen wurden nach den Einbauarbeiten kontrolliert und ggf. korrigiert.

Ein entscheidender Vorteil des hier verwendeten Verkehrsanalysesystems ANDISMART 2000 ist die Möglichkeit, schon vor der eigentlichen Messung die korrekte Arbeitsweise des Systems zu überprüfen. So ist die Behebung von Fehlern ohne Behinderung des Verkehrs möglich, außer wenn eine Schleife aufgrund falscher geometrischer Abmessungen oder technischer Defekte ausgetauscht werden muss. Ein Vergleich zwischen ANDISMART 2000 und dem als fehlerfrei geltenden optischen Correvit DLS1-Sensor bestätigt die hohe Genauigkeit und Zuverlässigkeit des eingesetzten Induktivschleifen-Detektors (KOLKS 1998): Die Abweichungstoleranzen des Verkehrsanalysesystems ANDISMART 2000 liegen mit sehr hoher Wahrscheinlichkeit innerhalb der festgelegten Fehlergrenzen der TECHNISCHEN LIEFERBEDINGUNGEN FÜR STRECKENSTATIONEN (TLS) (BMV 1993) für Stundenintervalle:

Messgröße	Maximale Messwertabweichung	Kriterium
Kfz-Verkehrsmenge	$\Delta q_{Kfz} < 3,0 \%$	
Lkw-Verkehrsmenge	$\Delta q_{Lkw} < 5,0 \%$	
Geschwindigkeit (Mittelwert, V_{85})	$\Delta v < 3,0 \%$	$V > 100 \text{ km/h}$
	$\Delta V < 3,0 \text{ km/h}$	$V \leq 100 \text{ km/h}$

Tab. 3.6: Grenzwerte der Messabweichungen für Stundenintervalle nach TLS (BMV 1993)

Die Daten der Schleifenmessungen, die in digitaler Form vorlagen, wurden von den elektronischen Speicherkarten durch eine Auswertegerät in die eigene EDV-Anlage zur weiteren Bearbeitung eingelesen. Das Überspielen der Daten kann als fehlerfrei angesehen werden. Zusätzlich wurden alle Daten nach der Übertragung nochmals auf Vollständigkeit und Plausibilität der Angaben hin überprüft, sodass unvollständig erhobene oder mit Fehlern behaftete Intervalle gelöscht werden konnten.

3.4.3 Mögliche Fehler bei der Beobachtung mit Hilfe der Videotechnik

Ungenauigkeiten bei der Analyse des seitlichen Abstandsverhaltens können sich aus Instrumentenfehlern, Beobachterfehlern oder bei der Datenübertragung ergeben.

Fehler in der Aufnahmeeinheit können nur als Gerätefehler der Kamera auftreten, die gegenüber der Genauigkeit der Auswertung vernachlässigt werden können.

Auch bei intensiver Schulung und Einweisung des Messpersonals können aufgrund des begrenzten menschlichen Wahrnehmungsvermögens und der subjektiven Entscheidung unregelmäßige Fehler auftreten. Dies führt wiederum zu fehlerhaften Angaben bei der Fahrzeugklassifikation und des seitlichen Abstands. Grobe Beobachterfehler konnten durch einen Vergleich mit parallelen Bildaufzeichnungen und Querschnittsmessungen aufgefunden und korrigiert werden (halbautomatische Auswertung).

Bei der manuellen Übertragung der Daten aus den Messprotokollen und der Videoaufzeichnungen in die EDV-Anlage sind Fehler möglich, die der Größe nach nicht abgeschätzt werden können. Um eventuelle Eingabefehler auszuschließen, wurden alle Daten nach der Eingabe von mehreren Personen unabhängig voneinander auf Vollständigkeit und Plausibilität überprüft und ggf. berichtigt.

3.4.4 Mögliche Fehler bei der Beobachtung des Unfallgeschehens

Die Unfalldaten, die der Arbeit zugrundeliegen, wurden aus den Verkehrsunfallanzeigen (VUA) der Polizei erhoben. Mögliche Faktoren, die das Ergebnis der Unfallanalyse beeinträchtigen können, sind unvollständige oder fehlerhafte Angaben in den VUA selbst sowie Fehler bei der manuellen Übertragung der Unfalldaten aus den VUA in die eigene EDV.

Für die Jahre 1990 bis 1998 wurden von den zuständigen Polizeistationen Verkehrsunfallanzeigen angefordert. Der Umfang der Daten wird dadurch eingeschränkt, dass Verkehrsunfallanzeigen z.T. nur bis zu maximal fünf Jahre archiviert und anschließend vernichtet werden. Vor diesem Hintergrund kann die Vollständigkeit der Unterlagen nicht abgeschätzt werden.

Verkehrsunfallanzeigen sind im allgemeinen fehlerbehaftet: Fehlende oder falsche Angaben infolge subjektiver menschlicher Einschätzungen können zu Unsicherheiten bei der Interpretation der Ergebnisse führen. Vor diesem Hintergrund wurde in der Arbeit u.a. auf eine Differenzierung der Sachschadensunfälle verzichtet.

Bei der manuellen Eingabe der Unfalldaten in ein definiertes Datenbankformat besteht die Möglichkeit, wesentliche Angaben auf der ersten Seite der VUA, z.B. Unfallort, -typ, -art, u.a. durch die Beschreibung des Unfallhergangs anhand der Unfallskizze zu kontrollieren und ggf. zu korrigieren. Übertragungsfehler konnten durch Überprüfung ausgeschlossen werden.

Die Daten der eigenen Erhebung wurden mit der des Hessischen Landesamtes für Straßen- und Verkehrswesen verglichen, um die Lage und die Anzahl der Unfälle im Netz abzustimmen. Es konnte eine gute Übereinstimmung festgestellt werden.

Grobe und systematische Fehler konnten durch sorgfältige Kontrollen und entsprechende Korrekturen in der vorliegenden Untersuchung ausgeschlossen werden. Zufällige Fehler haben keinen entscheidenden Einfluss auf die Messergebnisse. Der weiteren Auswertung steht demnach ein geprüftes, zuverlässiges und nahezu vollständiges Datenmaterial zur Verfügung.